Aus dem Luftwaffenlazarett Rupprechtstegen
Chefarzt: Prof. Dr. Strieck.

Untersuchungen über das Elektrokardiogramm bei Gesunden bei der Atmung mit sauerstoffarmen Gemischen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
zu Erlangen

vorgelegt von

Heinrich Müller
aus Sonneberg/Thür.

Tag der mündlichen Prüfung: 25. 7. 1940.

1940
Gedruckt von Gräbe & Hetzer Inh. Paul und Gustav Hetzer, Sonneberg i.Thür.

1940 №124

Referent: Professor Dr. F. Strieck.

Correferent und Dekan: Professor Dr. R. Greving.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Meinen lieben Eltern gewidmet.

Untersuchungen über das Elektrokardiogramm bei Gesunden bei der Atmung mit sauerstoffarmen Gemischen.

Die bisher gemachten elektrokardiographischen Untersuchungen bei Sauerstoffmangel wurden teils in der Unterdruckkammer, teils mit dem Rückatmungsgerät durchgeführt. Auf die dabei auftretenden Unterschiede komme ich später noch zu sprechen. Die von amerikanischer Seite schon im Weltkrieg ausgearbeitete Methode der Höhenfestigkeitsprüfung, die in der Einatmung eines sauerstoffarmen Gemisches besteht, wurde auch bei meinen Untersuchungen angewandt und dabei elektrokardiographische Aufzeichnungen fortlaufend vor und während der Untersuchungen durchgeführt. Mit dieser Methode habe ich 15 gesunde Personen verschiedenen Alters untersucht und die Frage geprüft, welche elektrokardiographischen Erscheinungen dabei auftreten und sie mit den früher gemachten Beobachtungen in der Unterdruckkammer und mit dem Rückatmungsgerät verglichen.

Die Versuchsanordnung ist aus der Abbildung 1 ersichtlich. Die V. P. atmete ein Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch mit einem Sauerstoffgehalt von ca. 7 Prozent ein, das einer Höhe von 7—8000 Meter entspricht. Das Gemisch strömte aus der Flasche durch ein Reduzierventil zunächst in ein Krogh'sches Spirometer. Dadurch konnte während des Versuches die Atemkurve aufgezeichnet werden. Vor allen Dingen gewährleistete aber die Einschaltung des Spirometers ein völlig widerstandsloses Atmen. Vor Versuchsbeginn wurde das Spirometer gefüllt und dann während des Versuches durch dauerndes, gleichmäßiges Einströmenlassen des Gemisches ständig in einem gewissen Füllungszustand gehalten. Ein Beobachter kontrollierte dies Einströmen. Zwischen dem Spirometer und der V. P. waren noch ein Ein- und Ausatmungsventil und eine Schnelltrennstelle eingeschaltet. Das Atmungsventil war so eingestellt, daß bei

der Einatmung nur Gemisch aus dem Spirometer verbraucht wurde. Die Ausatmung erfolgte durch das Ausatmungsventil und durch das Ventil an der Maske. Durch die Schnelltrennstelle konnte ein sofortiger Wechsel zu reiner Sauerstoffatmung durchgeführt werden. Auf die Benutzung der Fliegermaske habe ich verzichtet, um eventuell Undichtigkeiten, Verlängerungen der Versuchszeiten sowie völlig unsichere Vergleichsergebnisse zu vermeiden.

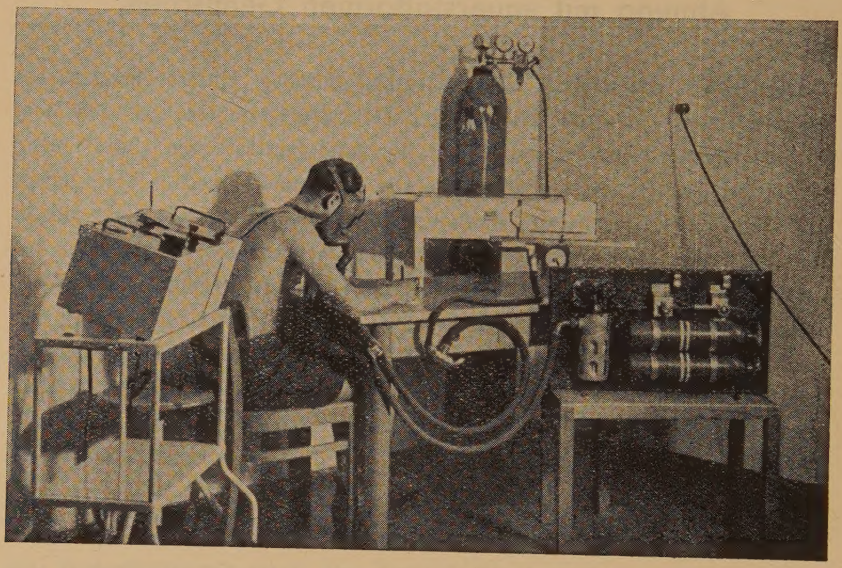

Abb. 1. Versuchsanordnung.

Elektrokardiograph
Schlauch für Sauerstoff-Zufuhr mit Schnelltrennstelle und Atmungsventil
Sauerstoffgerät
Krogh'sches Spirometer
Gemischflasche mit Reduzierventil

Das Elektrokardiogramm wurde mit dem Siemens-Verstärkerapparat aufgenommen. Es wurde die II. Brustwandableitung geschrieben.

Die bisherigen elektrokardiographischen Untersuchungen wurden entweder bei völliger Ruhe der V. P. im Sitzen oder im Liegen oder beim Wechsel vom Sitzen zum Liegen durchgeführt. Bei meinen Versuchen saß die V. P. in bequemer Haltung am Tisch und mußte ein Schriftbild anfertigen, ähnlich wie es von H. Lottig angegeben worden ist. Nach-

dem die Ableitungselektroden — Elektrode 1 ca. 2 cm unter der Mitte der rechten Clavicula, Elektrode 2 ca. 2 cm unter der Mitte der linken Clavicula, Elektrode 3 über der Herzspitze — angelegt waren und sich die V. P. einige Zeit an die Maske gewöhnt hatte, wurde zunächst bei Außenluftatmung die Zahlenreihe von 1000 an rückwärts und nach einigen Zeilen das Wort „Reichsluftfahrtministerium" geschrieben. Während dieser Zeit wurde das Normalelektrokardiogramm aufgezeichnet. Nach Umschaltung zur Sauerstoffmangelatmung erfolgten die weiteren elektrokardiographischen Aufzeichnungen in regelmäßigen Abständen. Vom Auftreten der ersten Höhenkrankheitserscheinungen an wurde das EKG. bis zum Versuchsende durchgeschrieben. In einigen Fällen wurde das EKG. auch nach dem Wechsel zu reiner Sauerstoffatmung weiter aufgezeichnet.

Auch während der Sauerstoffmangelatmung mußte auf Anordnung des Versuchsleiters nach kurzen Abständen das Wort „Reichsluftfahrtministerium" oder der Name der V. P. geschrieben werden. Am freien Rand des Bogens sollten von der V. P. Angaben über die während des Versuches auftretenden Erscheinungen und Beobachtungen gemacht werden. Während des Versuches wurde durch einen Beobachter ständig der Puls auf Frequenz und Qualität kontrolliert und aufgezeichnet. Nach Auftreten stärkerer Höhenkrankheitserscheinungen wurde vom Versuchsleiter der Versuch abgebrochen und reine Sauerstoffatmung durchgeführt.

Ergebnisse.

Es wurden 15 gesunde Personen verschiedenen Alters mehrfach untersucht. Dabei konnte ich, wie Lottig 1936 schon festgestellt hat, beobachten, daß das Zustandekommen der Höhenkrankheit bei ein und derselben Person nicht immer gleichen Voraussetzungen folgt, sondern daß eine große Abhängigkeit besteht von der augenblicklichen Disposition, der seelischen Einstellung und den Einzelheiten der Versuchsanordnung. Sehr wichtig war auch, ob die V. P. den Versuch einmal oder mehrere Male mitmachte, ob die V. P. aufgeregt oder angestrengt war, ob der Versuch nüchtern oder nach Mahlzeiten durchgeführt wurde. Ich habe versucht, bei allen Versuchen gleiche Bedingungen zu erzielen. Es wurden daher bei fast allen V. P. erst 2 oder 3 Vorversuche durchgeführt, die, wie auch der Hauptversuch, 1—2 Stunden nach dem Frühstück stattfanden.

Die Änderungen des Elektrokardiogramms.

1. Der Vorhofsteil: In einigen Versuchen konnte eine Vergrößerung der P-Zacke festgestellt werden. In vier Fällen trat eine Steigerung um 0,5 mm, in einem Fall um 0,8 mm und in je einem Fall um 1 mm und 2 mm ein. Ein Gleichbleiben der P-Zacke bestand in 6 Fällen. In zwei Fällen trat eine Verkleinerung um 0,3 mm und 0,5 mm ein.

Diese Vergrößerung von P wird dahingehend gedeutet, daß während des Aufstieges in große Höhen der Vagustonus abnimmt. Aus der experimentellen Physiologie und der menschlichen Pathologie ist bekannt, daß ein relatives Überwiegen des Sympatikustonus über den Vagustonus oder auch nur ein herabgesetzter Vagustonus die P-Zacke vergrößert.

Tabelle 1.

Änderungen der P-Zacke in mm.

Vp.	Außenluft-atmung	Sauerstoffmangel-atmung	Differenz
1.	1,2	2	+ 0,8
2.	1,5	1,2	— 0,3
3.	2	2,5	+ 0,5
4.	1,5	2	+ 0,5
5.	1	2	+ 1
6.	2	2	—
7.	2	2	—
8.	1,5	2	+ 0,5
9.	2	2	—
10.	2	2	—
11.	2	2	—
12.	1,5	2	+ 0,5
13.	2,5	2	— 0,5
14.	2	2	—
15.	2	4	+ 2

2. Das P-Q Intervall: Die Überleitungszeit zeigte ein verschiedenes Verhalten. In zwei Fällen trat eine Verkürzung um 0,01 sec. ein, in zwei

Fällen um 0,02 sec. und in je einem Fall um 0,03 sec. und 0,05 sec. Bei vier V. P. konnten keinerlei Veränderungen des P-Q Intervalles festgestellt werden. In weiteren zwei Fällen trat eine Verlängerung um 0,01 sec. auf, in einem Fall um 0,02 sec. und in zwei Fällen um 0,03 sec.

Tabelle 2.

Änderungen des P-Q Intervalles in sec.

Vp.	Außenluft-atmung	Sauerstoffmangel-atmung	Differenz
1.	0,12	0,10	— 0,02
2.	0,14	0,13	— 0,01
3.	0,15	0,18	+ 0,03
4.	0,15	0,15	—
5.	0,16	0,19	+ 0,03
6.	0,17	0,14	— 0,03
7.	0,15	0,15	—
8.	0,15	0,15	—
9.	0,11	0,13	+ 0,02
10.	0,19	0,14	— 0,05
11.	0,14	0,15	+ 0,01
12.	0,10	0,10	—
13.	0,14	0,13	— 0,01
14.	0,14	0,15	+ 0,01
15.	0,18	0,16	— 0,02

Auch der Verlauf der P-Q Strecke zeigte geringe Veränderungen in Form einer Verlagerung dieser Strecke nach unten. Deutlich ist die Neigung des zwischen dem Ende von P und dem Beginn des Kammerteiles gelegenen Zwischenstücks, das ja normalerweise einen horizontalen Verlauf zeigt (Abb. 2). Nach Opitz und Tilmann besteht die Möglichkeit, daß die Verkürzung der P-Q Strecke auf eine Änderung des Reizursprunges im Vorhof zurückzuführen ist, der ja bei Vagusreizung in immer tiefergelegene Zentren herabrückt. Ein Wechsel im Reizursprung ist wohl immer mit einer Veränderung von P verbunden.

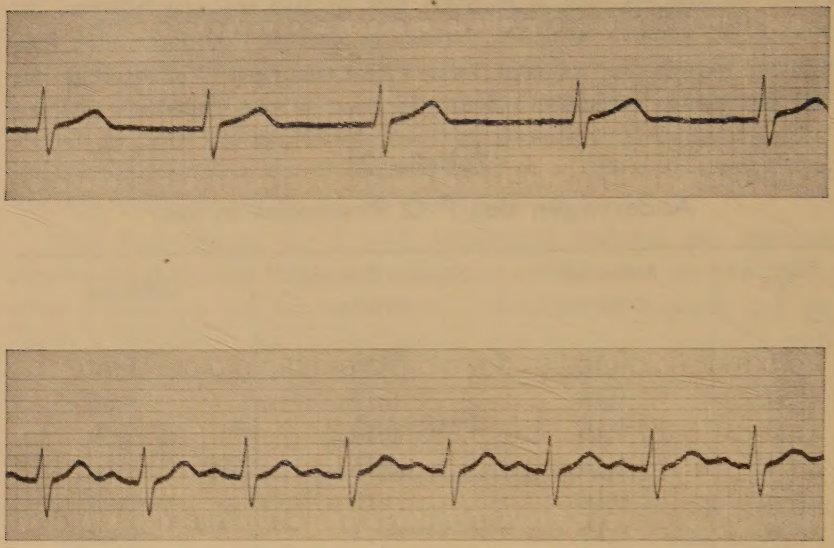

Abb. 2.

Oben: Normalelektrokardiogramm.
Frequenz 68/Min.

Unten: Elektrokardiogramm bei Sauerstoffmangel.
Frequenz: 135/Min.

Deutliche Vergrößerung der P-Zacke, Abflachung der T-Zacke.
P-Q in Richtung Q und ST leicht gesenkt.
Differenzen: P + 1, R — 1, T — 1,5 mm.
P-Q — 0,03 sec, ST — 0,09 sec.

3. Der Kammerteil: Die Veränderungen der R-Zacke zeigten in der Mehrzahl der Fälle eine Verkürzung. In zwei Fällen trat eine Abnahme um 0,5 mm ein, in drei Fällen um 1 mm, in einem Fall um 1,5 mm und in zwei Fällen um 2 mm. Bei 6 V. P. war ein Gleichbleiben festzustellen. Zunahme erfolgte in einem Fall um 2 mm.

Tabelle 3.

Änderungen der R-Zacke in mm.

Vp.	Außenluft-atmung	Sauerstoffmangel-atmung	Differenz
1.	11	11	—
2.	7,5	7	— 0,5
3.	14	14	—
4.	10	10	—
5.	8	7	— 1
6.	7	9	+ 2
7.	7,5	6	— 1,5
8.	9	9	—
9.	16	14	— 2
10.	7	7	—
11.	10,5	8,5	— 2
12.	7,5	7,5	—
13.	12	11	— 1
14.	7	6,5	— 0,5
15.	12	11	— 1

Die T-Zacke zeigte in allen Versuchen eine deutliche Abflachung. In vier Fällen betrug die Verkleinerung der T-Zacke 1 mm, in drei Fällen 1,5 mm, in zwei Fällen 2 mm, in zwei Fällen 2,5 mm und in vier Fällen 3 mm.

Die Dauer des Kammerteiles steht nach früher gemachten Beobachtungen in gesetzmäßiger Beziehung zu der jeweiligen Pulsfrequenz. Entsprechend der Frequenzzunahme verkürzt sich die Systolendauer immer mehr. Diese Beobachtungen konnten auch durch meine Versuche bestätigt werden. Die Verkürzungen des Kammerteiles waren in einem Fall 0,02 sec., in zwei Fällen 0,03 sec., in fünf Fällen 0,04 sec., in zwei Fällen 0,06 sec., in je zwei Fällen 0,08 sec. und 0,09 sec. und in einem Fall 0,1 sec. Bei allen Elektrokardiogrammen zeigte das ST-Stück eine geringe bogenförmige Senkung. P-Q und Q-T verhielten sich in allen Versuchen proportional dem P-T Intervall.

Tabelle 4.

Änderungen der T-Zacke in mm.

Vp.	Außenluft-atmung	Sauerstoffmangel-atmung	Differenz
1.	4	2	— 2
2.	4	3	— 1
3.	7	4,5	— 2,5
4.	5	2	— 3
5.	4,5	3	— 1,5
6.	8	5	— 3
7.	3,5	2	— 1,5
8.	5	2	— 3
9.	6	3,5	— 2,5
10.	4	3	— 1
11.	4	2	— 2
12.	4,5	3	— 1,5
13.	7	4	— 3
14.	5	4	— 1
15.	3	2	— 1

Bei Sauerstoffmangel im Herzmuskel tritt eine Änderung der einzelnen monophasischen Aktionsströme ein, die sich in Form einer Verkürzung und Abflachung äußern. Nach der Differentialtheorie des EKG. ergibt sich dabei dann aus der Gesamtheit von Erregungsablauf und Ausbreitung im Herzen eine Abflachung der Nachschwankung bis zum Verschwinden von T, ein bogenförmiges Übertreten des ST-Stückes, die sogenannte ST-Depression und eine Verkürzung des Kammerkomplexes Q-T.

Zur Erklärung der Abflachung der T-Zacke wird übereinstimmend angenommen, daß durch eine vorzugsweise Schädigung der Herzspitze deren einphasischer Aktionsstrom länger andauert. Unter Umständen kann er auch erst verspätet einsetzen. Es wird auch angenommen, daß die Senkung von T und ST nicht nur durch eine Zunahme und Verspätung des Spitzenstoßes, sondern auch durch eine Verkürzung des Basisstromes bedingt ist. Dies entspricht auch den Angaben der Literatur und den experimentellen Beobachtungen über die besondere Empfindlichkeit der Herzspitze.

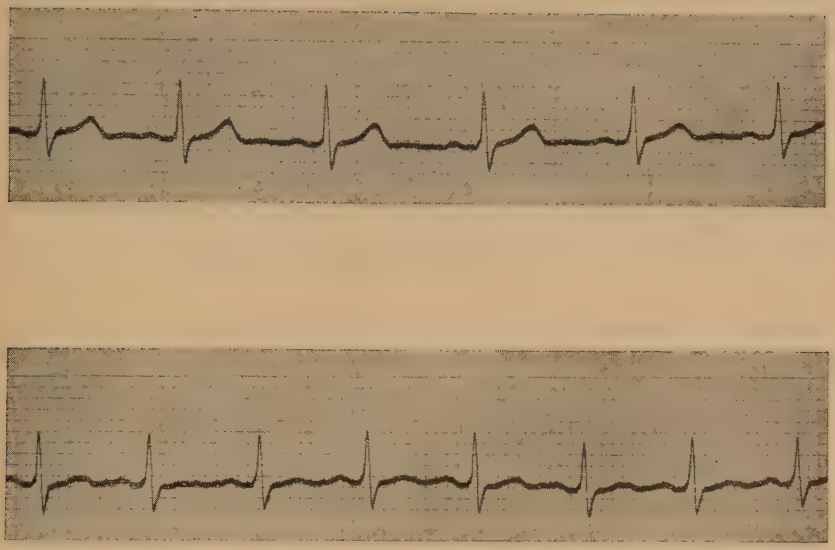

Abb. 3.

Oben: Normalelektrokardiogramm.
Frequenz 82/Min.
Unten: Elektrokardiogramm bei Sauerstoffmangel.
Frequenz 120/Min.
Differenzen: P + 0,5, R 0, T — 3 mm.
P-Q 0 sec., Q-T — 0,04 sec.

Die Verkürzung der Systolendauer des Differentialelektrokardiogramms wird ebenfalls dahingehend erklärt, daß auch der positive monophasische Anteil durch eine vorübergehende Ausschaltung des Spitzenteiles des rechten Ventrikels verkürzt wird. Dadurch aber, daß der Anteil des linken Ventrikels viel stärker abgekürzt wird, überwiegt der rechte monophasische Anteil, so daß das Bild eines Infarktes des linken Ventrikels übrig bleibt.

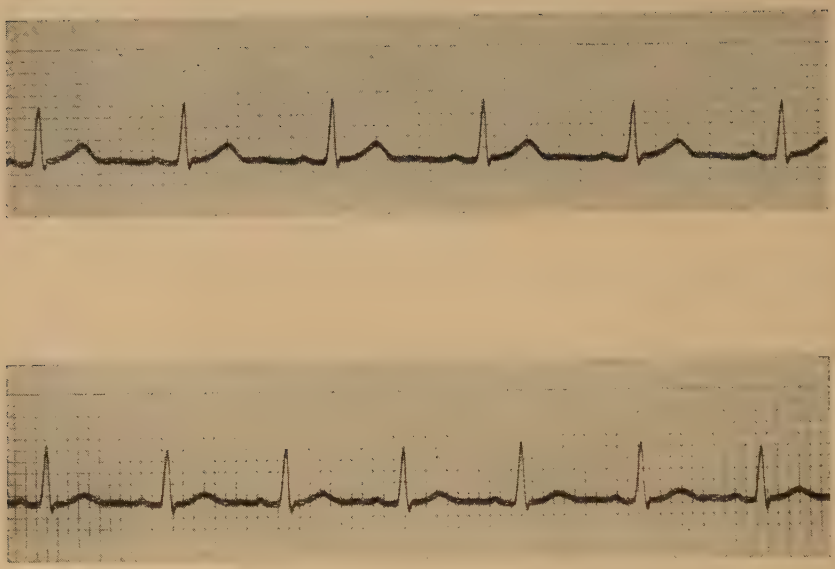

Abb. 4.

Oben: Normalelektrokardiogramm.
Frequenz 85/Min.

Unten: Elektrokardiogramm bei Sauerstoffmangel.
Frequenz 109/Min.

Differenzen: P 0, R 0, T — 2,5 mm.
P-Q — 0,01 sec., Q-T — 0,04 sec.

Durch eine Reihe praktischer Versuche ist gezeigt worden, daß in der Tat durch Ausschaltung bestimmter Herzteile von dem Erregungsvorgang eine Verkürzung der Systolendauer zustande kommt. Auch sonstige Erfahrungen haben gezeigt, daß die gleichzeitige Verkürzung und Formänderung des Kammerteils bei Hypoxämie durch eine partielle Asystolie der Spitzenteile, besonders des linken Ventrikels hervorgerufen wird. Bei Sauerstoffmangel wird fast immer der linke Ventrikel zuerst und am stärksten in Mitleidenschaft gezogen.

Wahrscheinlich spielt aber bei der Verkürzung der Systolendauer auch die Acceleransreizung eine wichtige Rolle. Es steht fest, daß durch Acceleransreizung am Warmblütler eine Erhöhung der Geschwindigkeit der intraventrikulären Erregungsleitung eintreten kann. Danach würde also die Systolenverkürzung nicht nur als die Folge einer Abkürzung des Erregungsweges, sondern gleichzeitig auch als eine Beschleunigung der Erregungsleitung innerhalb der Kammern aufzufassen sein.

Änderungen der Pulsfrequenz.

Bei einem Aufstieg in die Höhe oder bei fortschreitendem Sauerstoffmangel tritt gewöhnlich eine Steigerung der Pulsfrequenz ein. Ich konnte in allen Versuchen bereits nach der ersten Minute ein deutliches Ansteigen der Pulszahl gegenüber dem Ruhepuls feststellen. Nach dieser anfänglichen Frequenzsteigerung trat jedoch in einigen Fällen durchschnittlich in der zweiten bis vierten Minute des Versuches eine weniger rasche Zunahme oder sogar ein Gleichbleiben der Frequenz ein.

Ruhepuls	80	68	67	72	80
Puls in der 1. Minute	90	90	80	75	86
Puls in der 2. Minute	112	110	108	82	98
Puls in der 3. Minute	112	120	120	83	100
Puls in der 4. Minute	112	122	120	98	120
Puls in der 5. Minute	135	132	140	—	—

In vier Fällen trat in der 2.—4. Minute eine plötzliche Abnahme der Frequenz ein; doch im weiteren Verlauf des Versuches war in diesen Fällen überall wieder eine deutliche Zunahme vorhanden.

Ruhepuls	80	80	67	76
Puls in der 1. Minute	96	88	88	80
Puls in der 2. Minute	104	120	92	87
Puls in der 3. Minute	98	100	90	88
Puls in der 4. Minute	120	120	110	86
Puls in der 5. Minute	—	—	—	90

Dabei konnte ich weiter feststellen, daß nach diesen Frequenzänderungen in der 2. bis 4. Minute der Puls kleiner und dünner wurde, oft war er kaum zu fühlen. Unregelmäßigkeiten des Pulses traten lediglich in zwei Fällen auf.

Diese Beobachtungen, daß bei stärkerem Sauerstoffmangel die Schlagzahl plötzlich abnimmt, wurden schon früher gemacht. Man führt die Zunahme zurück auf eine Tonusabnahme des herzhemmenden Vagus, während die Frequenzabnahme durch eine zentrale Reizung desselben bedingt ist.

Weiterhin konnte ich die von Lutz und Schneider gemachten Beobachtungen bestätigen, daß die Personen, die eine wenig ausgeprägte Frequenzsteigerung haben, sehr frühzeitig zum Kollaps neigen. In einigen Versuchen traten schon nach 3½ bis 4 Minuten Versuchsdauer schwere Zeichen von Höhenkrankheit auf, so daß der Versuch abgebrochen wurde. Dabei zeigte sich, daß die Unterschiede zwischen den Pulsfrequenzen zu Anfang und zu Ende des Versuches relativ gering waren.

Die Beobachtungen der Atemfrequenz entsprachen den früher gemachten Erfahrungen, nach denen von einem gewissen Zeitpunkt ab eine Hyperventilation einsetzt, die teils durch eine Frequenzsteigerung, teils durch eine Vertiefung der Atemzüge begründet wird, wobei sogar die Atemfrequenz abnehmen kann. Jedenfalls bestehen weitgehende individuelle Verschiedenheiten in Bezug auf Frequenz und Atemtiefe. In allen Fällen bestand jedoch eine Hyperventilation.

Elektrokardiographische Veränderungen früherer Untersuchungen.

Tigges hat 15 gesunde Personen in der Unterdruckkammer in liegender Stellung in 5—7000 Meter Höhe untersucht. Dabei ergab sich eine Frequenzsteigerung mit zunehmender Höhe, Verkürzung von P-R und R-T, ein Ansteigen der P-Zacke und eine deutlich ausgeprägte Abflachung von R und T.

Elektrokardiographische Untersuchungen von Opitz und Tilmann an Tieren ergaben im Unterdruck bei 300 mm Hg eine Zunahme der P-Zacke und in einigen Fällen eine Abnahme von T.

W. Doetsch stellte elektrokardiographische Beobachtungen im Sitzen in der Unterdruckkammer bei 6000 Meter Höhe an. Es zeigten sich hierbei Frequenzsteigerungen, Anstieg der P-Zacke und Abnahme der T- und R-Zacke. Das P-T Intervall nahm ab, proportional dazu auch P-Q und R-T. ST blieb oberhalb der isoelektrischen Linie. Die weiteren Untersuchungen von W. Doetsch beim Wechsel vom Liegen zum Sitzen ergaben in der Unterdruckkammer die gleiche Richtung der Veränderungen wie oben, nur waren die Amplitudenwerte des EKG. kleiner.

Dietrich und Schwiegk haben Elektrokardiogramme von Personen in Ruhelage bei Normalhöhe und im Unterdruck verglichen und dabei gewisse eindeutige Veränderungen des EKG. bei Hypoxämie gefunden. Diese Veränderungen waren Frequenzsteigerung, Zunahme der Höhe der P-Zacke und Abflachung der Kammerendschwankung. Nur in wenigen Fällen wurde T isoelektrisch oder sogar negativ.

Zu der Erklärung der im EKG. auftretenden Veränderungen ist zu sagen, daß nach Loewy die Pulsfrequenzsteigerung bei Körperruhe im Höhenklima durch Erregung des Herzzentrums durch Sauerstoffmangel zustande kommt, und daß der Reiz von diesem auf nervösem Wege, sei es als Hemmung des Vagus oder Erregung des Sympatikus, dem Herzen übermittelt wird. Die gleiche Auffassung vertreten auch Tigges und Borgard. Auch für die Vergrößerung der P-Zacke gelten die gleichen Ursachen. Asher fand nach Vagotomie einen Anstieg der P-Zacke und Verkürzung des P-R Intervalles.

Rühl und Spieß haben eine Reihe Kurven angefertigt und heben dabei hervor, daß die Zeichen eines Sauerstoffmangels Senkung des ST-Stückes besonders in der 2. und 3. Ableitung und Abflachung von T sind. Auch Weber und Buchner sehen in der ST-Depression ein Zeichen ungenügender Sauerstoffversorgung des Myocards, ja eine Sauerstoffmangelatmung kann latente Zustände durch Auftreten der ST-Depression im EKG. aufdecken. Zu dem besonders typischen Zeichen der Senkung der ST-Strecke kann noch hinzukommen eine Verlängerung von QRS über 0,1 sec., eine Verlängerung von QT und eine Abflachung von T bis zum Fehlen oder Negativwerden. Die Änderungen der monophasischen Aktionsströme, bei denen sich ja nach der Differentialtheorie des EKG. eine Verkürzung des Kammerkomplexes QT, eine Abflachung von T und die ST-Depression

ergeben, sind nach Rühl und Spieß charakteristische Veränderungen für diffuse Schädigungen des Herzens bei Sauerstoffmangel.

Im Gegensatz hierzu hat Büchner herdförmige Schädigungen des Herzens bei Sauerstoffmangel im Tierversuch nachgewiesen, die elektrophysiologisch „verletzte Stellen" darstellen und die eine monophasische Deformierung der Herzstromkurve ergeben. (Hoher Abgang der ST-Strecke). Dieselben Beobachtungen hat auch Opitz am Tier im Unterdruckkammerversuch gemacht. Nach den von Schütz angestellten Überlegungen und Experimenten läßt sich jedoch sowohl das gehobene wie das gesenkte ST-Stück in gleicher Weise erklären dadurch, daß zum Normal-EKG. noch eine Beimischung von monophasisch zur Ableitung kommenden Aktionsströmen hinzu tritt. Aktionsströme kommen in monophasischer Form an einer Elektrode zur Ableitung, wenn im Bereich der anderen Elektrode eine „Verletzung" im elektrophysiologischen Sinne wirkt. Ein geringer Grad einer solchen Verletzung ist eine vorübergehende Ischämie. Eine solche Ischämie kann sich aber grundsätzlich zurückbilden oder Nekrosen oder myocarditische Schwielen hinterlassen. Schütz weist hierbei auf die Möglichkeit hin, daß eine Beziehung zwischen der Häufigkeit myocarditischer Schwielen bei Sektionsbefunden einerseits und dem vorübergehenden Auftreten eines gesenkten ST-Stückes im EKG. andererseits besteht. Jedenfalls betrachtet er die Durchführung von Arbeitsversuchen in der Unterdruckkammer bei größeren Höhen bis zum Auftreten eines gesenkten ST-Stückes mit Vorbehalt.

Bei elektrokardiographischen Vergleichsuntersuchungen im Unterdruck und bei Sauerstoffreduktion kam W. Adamaszek zu der Feststellung, daß der Unterdruckkammerversuch allgemein die schwereren Störungen im EKG. besonders in der Nachschwankung hervorruft. Mechanische Einflüsse wie Zwerchfellhochstand schließt er für die Sonderbeanspruchung aus und führt die EKG.-Veränderungen lediglich auf Sauerstoffmangel zurück. Psychische äußere Einflüsse sind wahrscheinlich für das verschiedene Verhalten bei Sauerstoffreduktion und Unterdruck mitbedingt. Im Allgemeinverhalten bestehen jedoch keine wesentlichen Unterschiede. Auch D. Hartmann hat bei vergleichenden Untersuchungen der Wirkung von Unterdruck- und Sauerstoffreduktion festgestellt, daß schwere Höhenkrankheitserscheinungen sowie Krämpfe im Unterdruck häufiger sind; doch der Charakter der Störungen zeigt keine Differenzen.

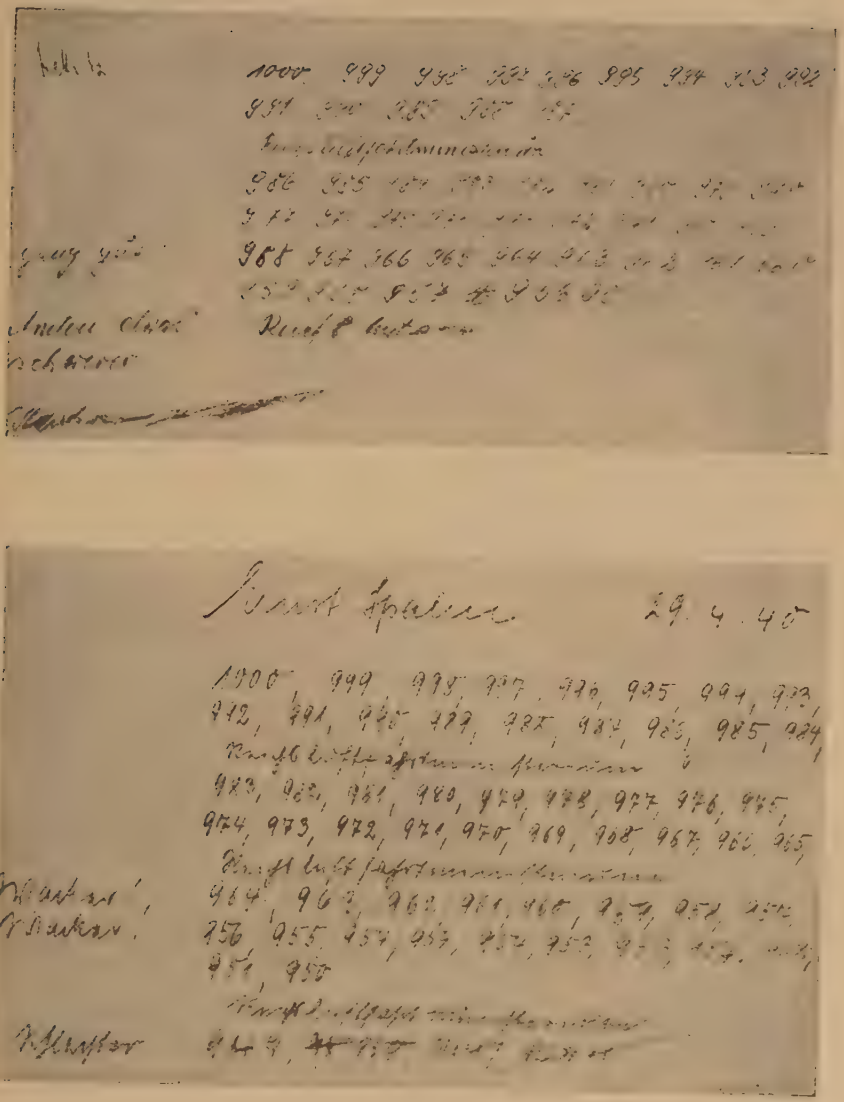

Abb. 5.

Schriftbilder von 2 Vp. bis zum Abbruch des Versuches.

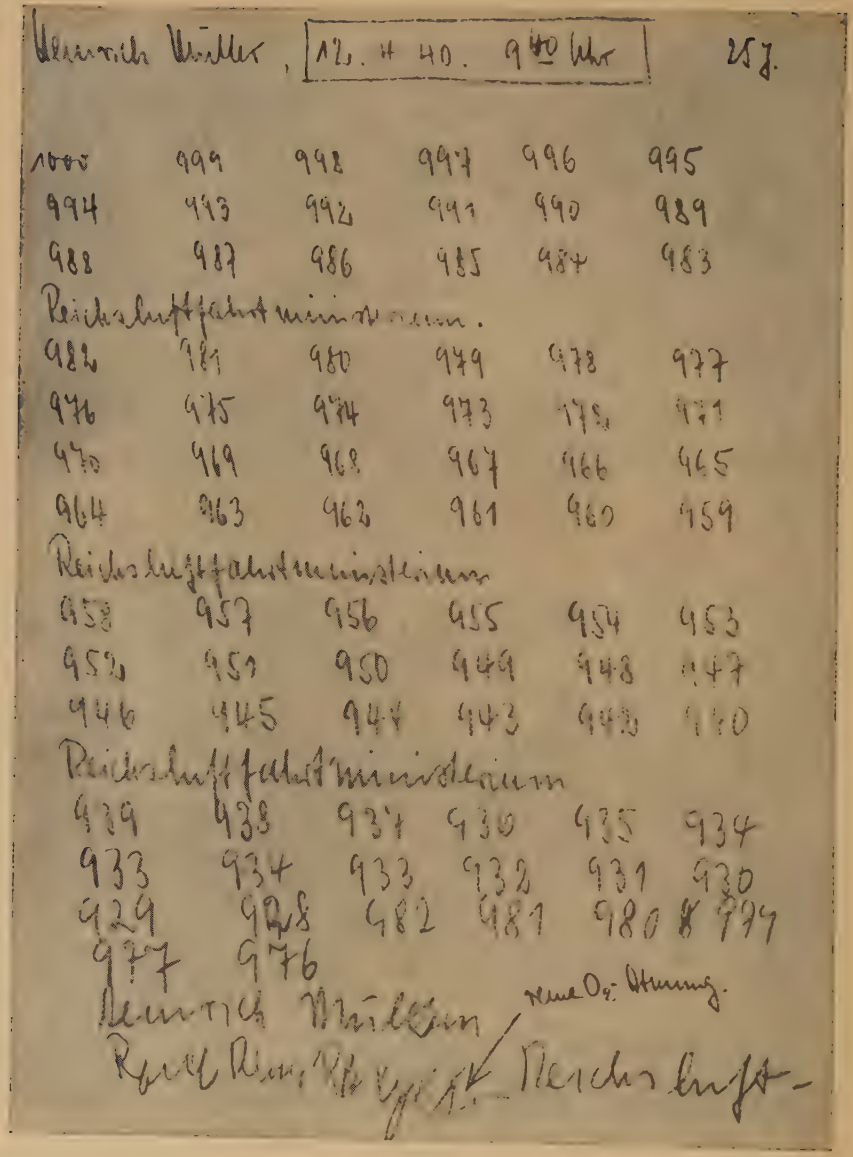

Abb. 6.

Schriftbild einer Vp. mit Übergang zu reiner Sauerstoffatmung.

Im allgemeinen konnte bei den Versuchen beobachtet werden, daß das Auftreten der Höhenkrankheitserscheinungen ruckartig und plötzlich geschah. Es traten überall Veränderungen des Schriftbildes wie Perseverationen, Verschmieren, Verschreiben mit Verbessern und fehlerhaftes Rückwärtszählen erst kurz vor Versuchsende auf. Dabei genügten dann nur noch einige Atemzüge, um Krämpfe und eine mehr oder weniger vollständige Auflösung des Schriftbildes hervorzurufen. Cyanose trat schon in geringem Grad nach 2—3 Minuten auf und erreichte ihr höchstes Maß am Ende des Versuches. Nach dem Wechsel zu reiner Sauerstoffatmung lösten sich die Krämpfe sofort wieder, die Schrift zeigte nach einigen Atemzügen wieder ihr normales Bild. Auch die Cyanose ging sofort zurück. Eine längerdauernde nachhaltige Wirkung des Sauerstoffmangels konnte nirgends beobachtet werden.

Zusammenfassung.

An 15 gesunden Versuchspersonen wurden bei Einatmung eines sauerstoffarmen Gemisches unter Anfertigung eines Schriftbildes elektrokardiographische Veränderungen festgestellt:

1. Die P-Zacke erfährt eine Vergrößerung oder bleibt gleichgroß.
2. Das P-Q-Stück zeigt in Richtung Q eine leichte Senkung.
3. Die R-Zacke wird kleiner.
4. Der Kammerkomplex QT wird verkürzt.
5. Die T-Zacke zeigt eine Abflachung.
6. Das ST-Stück wird leicht gesenkt.

Diese Veränderungen zeigen im Vergleich zu den früher gemachten Feststellungen keine wesentlich abweichenden Unterschiede. Auch die Veränderungen bezüglich der Pulsfrequenz und der Atmung entsprechen den bisherigen Beobachtungen.

Die praktische Anwendung dieser Versuche dürfte sowohl für die Luftfahrtmedizin als auch für die Klinik von Bedeutung sein. In der Luftfahrtmedizin können mit dieser Methode leicht Reihenuntersuchungen des fliegenden Personals vorgenommen werden. Ebenso könnte man schon bei den Einstellungsuntersuchungen die Personen herausfinden, die früher eine Herzkrankheit durchgemacht haben und klinisch als gesund anzusehen sind, bei denen aber sichere Herzfunktionsstörungen oder Kreislaufschäden bei Belastung auftreten. Für die Klinik bestände bei Anwendung der Methodik die Möglichkeit, daß bei leichten oder latent vorhandenen Herzschädigungen durch die Belastung des Kreislaufes im Sauerstoffmangelversuch schon frühzeitig erhebliche Veränderungen im EKG. festzustellen sind.

Literatur.

1. E. Boden: Elektrokardiographie für die ärztliche Praxis, Verlag Theodor Steinkopf Dresden und Leipzig 1939.
2. W. Dreßler: Klinische Elektrokardiographie, Verlag Urban & Schwarzenberg, Berlin und Wien 1937.
3. S. Ruff und H. Strughold: Grundriß der Luftfahrtmedizin, Verlag Ambrosius Barth, Leipzig 1939.
4. H. Lottig: Luftfahrtmedizin 1937 Bd. I, Heft 1, S. 15, Verlag Julius Springer Berlin.
5. E. Opitz und O. Tilmann: Luftfahrtmedizin 1937, Bd. I, Heft 2, S. 69, Verlag ebenda.
6. E. Opitz und O. Tilmann: Luftfahrtmedizin 1937, Bd. I, Heft 3, S. 153, Verlag ebenda.
7. A. Rühl und W. Spieß: Luftfahrtmedizin 1937, Bd. I, Heft 4, S. 272, Verlag ebenda.
8. G. Besserer: Luftfahrtmedizin 1937, Bd. I, Heft 4, S. 301, Verlag ebenda.
9. E. Schütz: Luftfahrtmedizin 1938, Bd. II, Heft 3/4, S. 192, Verlag ebenda.
10. W. Doetsch: Luftfahrtmedizin 1938, Bd. II, Heft 5, S. 354, Verlag ebenda.
11. W. Adamaszek: Luftfahrtmedizin 1939, Bd. III, Heft 2, S. 125, Verlag ebenda.
12. E. Schütz: Luftfahrtmedizin 1939, Bd. III, Heft 2, S. 132, Verlag ebenda.

Lebenslauf.

Ich wurde am 19. Oktober 1914 als Sohn des Hoteliers Wilhelm Müller und seiner Ehefrau Marie, geb. Hörnlein in Sonneberg i. Thür. geboren. Dort besuchte ich 4 Jahre die Volksschule und anschließend das Reformrealgymnasium, wo ich Ostern 1934 die Reifeprüfung bestand. Nach Ableistung meiner halbjährigen Arbeitsdienstpflicht studierte ich an den Universitäten Jena, Freiburg i. Br. und Erlangen und bestand dort im Sommer 1937 das Physikum. Im November 1937 wurde ich als Sanitäts-Offiziersanwärter bei der Luftwaffe angenommen und diente ein halbes Jahr in Handorf bei Münster/Westf. Danach wurde ich zum weiteren Studium an die militärärztliche Akademie in Berlin kommandiert. Am 15. September 1939 erhielt ich die Bestallung als Arzt.